

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2019.1\(475\).2](https://doi.org/10.15589/znп2019.1(475).2)  
УДК 629.5.012

## THE PREDICTION OF COMFORT INDICATORS IN PILOT BOAT CONCEPT DESIGN

### ПРОГНОЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМФОРТНОСТИ ЛОЦМАНСКОГО КАТЕРА НА ЭТАПЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### ПРОГНОЗ ПОКАЗНИКІВ КОМФОРТНОСТІ ЛОЦМАНСЬКОГО КАТЕРА НА ЕТАПІ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

**Yana A. Klova**

klevayana12@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0379-7276

**Vira V. Savochkina,**

vira.savochkina@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0001-7700-4921

**Я. А. Клёва,**

старший преподаватель

**В. В. Савочкина,**

ассистент

**Я. А. Кльова,**

старший викладач

**В. В. Савочкіна,**

асистент

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

**Abstract.** Pilotage is carried out with the purpose of ensuring the safety of navigation in complex meteorological and hydrographic conditions. The article describes the features of operation of pilot boats and investigates the effect of characteristics of seakeeping on the quality of the performance of its functional operations in given hydrometeorological conditions. The problem of providing comfort during operation of high-speed pilot boats is relevant as it is directly related to the well-being of pilots and affects their ability to perform their functional duties aimed at successful implementation of piloting. The analysis of negative factors associated with the motion of the ship is performed. The factors affecting the physiological state of pilots and crew on board are considered. The classification of accelerations is given, determining various levels of motion effects on the human body. The indicators directly describing the required level of comfort are discussed and the possibility of their assessment at the initial design stages is investigated. The purpose of the article is selection of the appropriate calculation method, which at the conceptual design stage would allow to predict such indicators of comfort of pilot boats as vertical acceleration, initial metacentric height and rolling period. The system of limitations of the studied indicators of comfort, which considers the requirements for seakeeping, is developed. The method for assessing the comfort indicators of pilot boats for the mathematical model is recommended. As a result of solving the optimization problem, validation of calculations was performed. The proposed dependencies can be used in predicting comfort rates for other types of high-speed vessels (patrol, rescue, etc.)

**Key words:** pilot boat; vertical accelerations; rolling period; initial stability; mathematical model of ship.

**Аннотация.** Лоцманское обслуживание судов осуществляется с целью обеспечения безопасности мореплавания в сложных метеорологических и гидрографических условиях. Проблема обеспечения комфортности при эксплуатации высокоскоростных лоцманских катеров является актуальной, так как напрямую связана с самочувствием лоцманов и влияет на их способность выполнять свои функциональные обязанности, направленные на успешное осуществление лоцманской проводки. В статье описаны особенности эксплуатации лоцманских катеров и выполнен анализ негативных факторов, связанных с движением судна на волнении. Рассмотрены факторы, влияющие на физиологическое состояние лоцманов и экипажа на борту катера. Приведена классификация ускорений, определяющая различные уровни воздействия волнения на организм человека. Описаны показатели, непосредственно характеризующие необходимый уровень комфортности, и исследованы возможности их оценки на начальных стадиях проектирования. Целью статьи является выбор соответствующих расчётных методик, позволяющих на стадии концептуального проектирования прогнозировать такие показатели комфортности лоцманских катеров, как вертикальные ускорения, начальная метацентрическая высота и период качки. Рекомендован метод оценки показателей комфортности лоцманских катеров для математической модели, а также проведена его верификация в программном комплексе. Предложенные зависимости могут быть использованы при предсказании показателей комфортности для других типов высокоскоростных судов (патрульных, спасательных, судов береговой охраны и др.).

**Ключевые слова:** лоцманский катер; вертикальные ускорения; период качки; начальная остойчивость; математическая модель судна.

**Анотація.** Лоцманське обслуговування суден здійснюється з метою гарантування безпеки мореплавства в складних метеорологічних і гідрографічних умовах. Проблема забезпечення комфортності під час експлуатації високошвидкісних лоцманських катерів є актуальною, оскільки безпосередньо пов'язана із самопочуттям лоцманів і впливає на їхню здатність виконувати свої функціональні обов'язки, спрямовані на успішне здійснення лоцманської проводки. У статті описані особливості експлуатації лоцманських катерів і виконаний аналіз негативних факторів, пов'язаних з рухом судна на хвилюванні. Розглянуто чинники, що впливають на фізіологічний стан лоцманів і екіпажу на борту катера. Наведено класифікацію прискорень, що визначає різні рівні впливу хвилювання на організм людини. Описано показники, які безпосередньо характеризують необхідний рівень комфортності, та досліджені можливості їх оцінки на початкових стадіях проектування. Метою статті є вибір відповідних розрахункових методик, що дають змогу на стадії концептуального проектування прогнозувати такі показники комфортності лоцманських катерів, як вертикальні прискорення, початкова метацентрична висота і період качки. Рекомендований метод оцінки показників комфортності лоцманських катерів для математичної моделі, а також проведена його верифікація в програмному комплексі. Запропоновані залежності можуть бути використані для передбачення показників комфортності для інших типів високошвидкісних суден (патрульних, рятувальних, суден берегової охорони та ін.).

**Ключові слова:** лоцманський катер; вертикальні прискорення; період качки; початкова остійність; математична модель судна.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Одним из путей уменьшения аварийности флота и повышения безопасности мореплавания является улучшение качества лоцманского обслуживания. Как известно, лоцманские катера (ЛК) эксплуатируются (осуществляют лоцманскую проводку) в сложных метеорологических и навигационно-гидрографических условиях (рис. 1), на волнении, при качке, в условиях обмерзания и мелкоколотого льда, на мелководье.

Лоцманское обслуживание характеризуется работой в стесненных условиях акватории порта; необходимостью сложного маневрирования среди стоящих на рейде транспортных судов; опасными условиями работы, связанными с проводкой судов в аварийном состоянии или перевозящих опасные грузы; большим количеством швартовок к транспортным судам. Таким образом, мореходность как комплекс свойств, обеспечивающих судну выполнение своих функциональных операций в заданных гидрометеорологических условиях, очень важна для ЛК.

Статистика навигационных аварий при лоцманской проводке свидетельствует, что 50–90% всех аварий на море связаны с «человеческим фактором» и

прежде всего его психологическим аспектом. Составные части психологического фактора – иллюзии, притворные гипотезы, привычки, мотивации, стрессы, усталость [1; 2].

Сложными условиями эксплуатации обусловлены следующие основные требования к ЛК: высокая маневренность, комбинация небольших размеров с высокой скоростью, высокие мореходные качества, требование по созданию безопасных и комфортных условий работы.

Проблема обеспечения комфортности при эксплуатации высокоскоростных ЛК касается не только экипажа, но и лоцманов, поскольку влияет на их способность выполнять свои функциональные обязанности, которые, в свою очередь, направлены на успешное осуществление лоцманской проводки, а значит и на безопасность мореплавания.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования по прогнозированию показателей комфортности на начальных стадиях проектирования для СМПВ представлены в [3]. В [4] рассмотрены вопросы определения характеристик качки мегаяхты в



Рис. 1. Эксплуатация лоцманских катеров в сложных метеорологических и штормовых условиях

программном комплексе Maxsurf Motion. Проблема обеспечения повышенной комфортабельности быстросходных пассажирских судов подробно освещена в [5]. Расчётные зависимости для определения вертикальных ускорений, начальной остойчивости и периода качки для скоростных судов предложены в [6].

В результате анализа последних публикаций и исследований можно сделать вывод о том, что проблема правильной оценки показателей комфортности ЛК, с учётом специфики эксплуатации судов данного типа, является недостаточно изученной и требует детального рассмотрения.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ** – выбор соответствующих расчётных методик, позволяющих на стадии концептуального проектирования прогнозировать такие показатели комфортности ЛК, как вертикальные ускорения, начальная метацентрическая высота и период качки. Разработка адекватных зависимостей является актуальной в связи с последующим использованием их в математической модели проектируемого ЛК.

#### МЕТОДЫ, ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Случайный характер эксплуатации ЛК, неопределённость информации при разработке новых проектов обусловили переход к стохастической постановке задачи. Метод оптимального проектирования судов позволил учесть особенности функционирования с помощью таких инструментов, как имитационное моделирование, метод Пауэлла, метод штрафных функций, теория массового обслуживания. В основу оптимизации лоцманского катера положен прямой метод последовательного и безусловного поиска «Пауэлл».

**Объектом исследования** является высокоскоростной ЛК, предназначенный для доставки лоцманов на судно или проведения судна в порт методом лидирования.

**Предмет исследования** – показатели комфортности пребывания лоцманов на судне с целью обеспечения безопасности мореплавания и эффективного осуществления лоцманского обслуживания.

#### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Система функциональных ограничений в оптимизационной задаче проектирования ЛК [7] выдвигает следующие требования к комфортности:

- максимальное значение вертикальных ускорений

$$a_{CG} \leq 0,25g$$

(для судов, на которых работает подготовленный адаптированный экипаж – лоцманы, спасатели, военные моряки, допускается  $a_{CG} \leq 0,5g \dots 0,7g$ );

- минимальное значение поперечной метацентрической высоты

$$GM_t \geq h,$$

где  $h = 0,5$  м – в соответствии с [8],  $h = 0,15$  м – [9];

- по обитаемости, обеспечивающей плавность процессов качки судна:  $T_0 \geq 6$  с, где  $T_0$  – период бортовой качки судна, с;

- по величине MSI (Motion Sickness Incidence), %, определяемой по критерию O'Hanlon и McCauley [10]:  $MSI \leq 10\%$ .

Как показано на рис. 2, при движении на волнении судно испытывает колебательные перемещения в шести степенях свободы: продольно-горизонтальная качка (surge); поперечно-горизонтальная (sway); вертикальная (heave); бортовая (roll); килевая (pitch); рыскание (yaw).

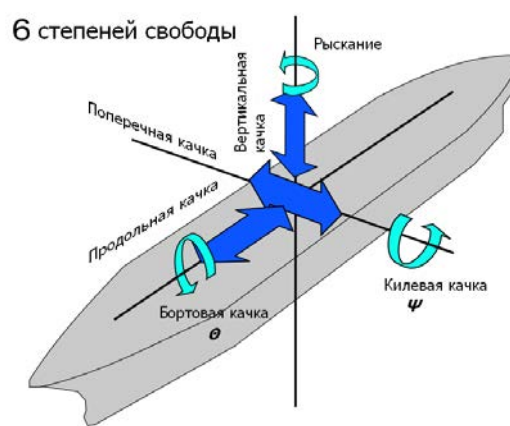


Рис. 2. Колебательные перемещения при движении судна на волнении

Поведение судна в реальных морских условиях характеризуется такими явлениями, как потеря скорости, заливаемость и забрызгивание, слеминг, оголение гребных винтов, нарушения нормальных условий работы механизмов и систем и пр. Наиболее важными, обеспечивающими комфортное нахождение человека на борту, являются качка, вертикальные ускорения и вибрация корпуса.

При движении судна на волнении в результате воздействия на человека вышеперечисленных факторов возникают явления, указанные на рис. 3.

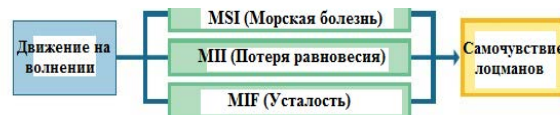


Рис. 3. Влияние движения на волнении на самочувствие людей

Наибольшее влияние на самочувствие людей оказывают вертикальные ускорения:

- низкочастотные ускорения характеризуются «морской болезнью» или «укачиванием» ( $MSI$  – Motion Sickness Incidence);

– среднечастотные ускорения характеризуются потерей равновесия (*MI* – Motion Induced Interruptions), а также проблемами при выполнении функциональных операций и усталостью (*MIF* – Motion Induced Fatigue);

– высокочастотные ускорения характеризуются общей вибрацией тела (*WBV* – whole body vibrations), приводящей в некоторых случаях к травмам и заболеваниям [11].

Для расчёта величины *MSI* могут применяться критерии О’Hanlon и McCauley или стандарт ISO 2631/3. По критерию О’Hanlon и McCauley [10] кривые, которые получены в результате систематических исследований, проводимых с группой молодых людей, подвергнутых действию синусоидальных вертикальных перемещений различных амплитуд и частот, представлены на рис. 4.

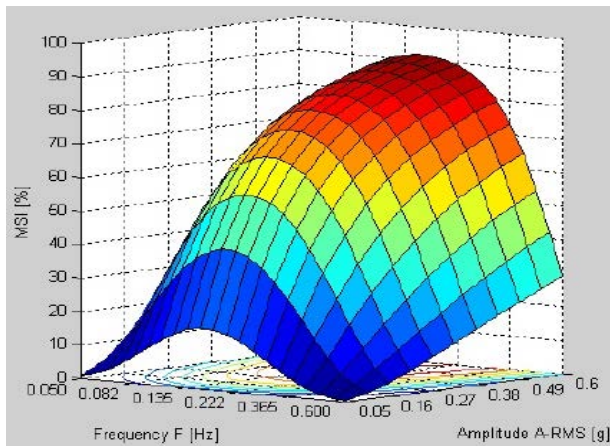


Рис. 4. Критерии О’Hanlon и McCauley для расчёта величины *MSI*

Величина *MSI* зависит от величины вертикальных ускорений, частоты вертикальных перемещений и длительности их воздействия на человека.

Приближенное значение показателя *MSI* может быть определено по эмпирической формуле [3]

$$MSI = 100 F(Z_a) F(Z_t), \%,$$

где  $F(Z)$  – интегральная функция стандартизованного нормального распределения

$$F(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z \exp\left[-\frac{x^2}{2}\right] dx,$$

где

$$Z_a = \frac{\log_{10}(a_{RMS}^n / g) - \mu_a(f)}{0,47};$$

$$Z_t = \frac{\log_{10} t - 1,46 + 0,57 Z_a}{0,5027};$$

$$\mu_a(f) = 0,87 + 4,36 \log_{10} f + 2,73 (\log_{10} f)^2,$$

$t$  – время воздействия вертикальных перемещений (ходовое время полурейса), мин;  $f = 1/T$  – частота вертикальных перемещений (частота вертикальной качки судна), Гц;  $a_{RMS}^n$  – среднеквадратическое значение вертикального ускорения, действующее на пассажиров, находится по зависимостям [6]:

$$a_{RMS}^n = 0,45 a_{RMS}; \quad a_{RMS} = \frac{a_{eg}}{2,94}.$$

Необходимое для расчета *MSI* определение среднеквадратического значения вертикального ускорения  $a_{RMS}$  производится с использованием метода прогнозирования вертикальных ускорений [6] с учётом поправок Lloyd’s Register 1996. Расчёт позволяет предвидеть среднее число 1/100 максимальных ускорений в центре тяжести катера при встречном курсовом угле:

$$a_{1/100} = 0,0015 \cdot \tau \cdot L_1 \cdot (H_1 + 0,084) \cdot (5 - 0,1 \cdot \beta_x) \cdot \Gamma^2. \quad (1)$$

Из (1), пересчитанного в среднеквадратическое, получена формула для определения прогнозируемого среднеквадратического ускорения:

$$a_{RMS} = \frac{\tau \cdot L_1 \cdot (H_1 + 0,084) \cdot (5 - 0,1 \cdot \beta_x) \cdot \Gamma^2}{3737},$$

$$\text{где } \Gamma = \frac{v_{max}}{\sqrt{L_{WL}}}; \quad L_1 = \frac{L_{WL}}{B_x} \cdot \frac{B_x^3}{\Delta};$$

$$\frac{L_{WL}}{B_x} \geq 3; \quad H_1 = \frac{H}{B_x^{1/3}} \geq 0,2.$$

Угол килеватости на середине длины ватерлинии  $\beta_x \leq 30^\circ$ , угол дифферента принимаем  $\tau = 3^\circ$ . Величина  $a_{RMS}$  легко трансформируется посредством следующего соотношения:

$$a_{1/N} = a_{RMS} \cdot (1 + \ln N). \quad (2)$$

Теперь, предварительно посчитав  $a_{1/100}$  (1) и используя (2), можно рассчитать среднеквадратическое ускорение:

$$a_{RMS} = \frac{a_{1/100}}{5,605}.$$

Влияние волнения на самочувствие людей определяется критерием устойчивости человека к вертикальным ускорениям в соответствии с ISO 2631/3, применяемым для оценки максимально допустимого времени воздействия на экипаж таких ускорений. Допустимая продолжительность воздействия на экипаж в часах приближенно определяется следующими выражениями для соответствующего диапазона частот волны:

$$0,1 \leq f_E \leq 0,315$$

$$0,315 \leq f_E \leq 0,63.$$

Частота волны, Гц, при встречном курсовом угле при известном периоде волнения:



$$f_E = \frac{1}{T_0} - \frac{v \cdot \cos(\mu \cdot /180)}{T_0^2 \cdot \frac{g}{2 \cdot \pi}}$$

Период волнения, с, для приближенной оценки:

$$T_0 = 4,45 \cdot H_{1/3}^{0,406}$$

Период качки рассчитывается в соответствии с Resolution A.749:

$$T_0 = \frac{2 \cdot C \cdot B_x}{\sqrt{GM_t}}$$

где

$$C = 0,373 + 0,023 \cdot (B_x / T_x) - 0,043 \cdot (L_{wl} / 100);$$

$B_x$ ,  $T_x$ ,  $L_{wl}$  – соответственно ширина, осадка, длина по ватерлинии;  $GM_t$  – начальная поперечная метacentрическая высота.

В целом расчёт начальной остойчивости заключается в определении начальной поперечной метacentрической высоты по приближенной зависимости

$$GM_t = KB + BM_t - KG.$$

Аппликата центра величины (Vertical Centre of Buoyancy), м, определяется по модифицированной формуле Parmel [6]:

$$KB = 0,961 \cdot T_x \cdot \left( 1,048 - \frac{C_B}{C_B + C_{wp}} \right).$$

Поперечный метacentрический радиус определяем из выражения:

$$BM_t = \frac{I_T}{\nabla},$$

где  $I_T = C_{I_T} \cdot L \cdot B^3 / 12$  – поперечный момент инерции площади ВЛ, м<sup>4</sup>; коэффициент

$C_{I_T} = 1,316 \cdot C_{wp} - 0,394$ ;  $\nabla$  – объёмное водоизмещение, м<sup>3</sup>.

Аппликату центра тяжести (Center of Gravity)  $KG$  на данном этапе принимают приблизительно равной 70% от осадки катера:  $KG = 0,7 \cdot D_x$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Согласно математической модели судна, описанной в [7], полученные расчётные зависимости были использованы в программе реализации алгоритма поиска оптимальных характеристик ЛК в среде программирования Delphi (EmbarcaderoDelphi 2010). В результате расчёта определены величины показателей комфортности. Вкладка окна детальных результатов решения задачи оптимизации ЛК представлена на рис. 5.

Вкладка “Restrictions” (Ограничения) носит чисто технический характер. В ней отражаются границы ограничений, текущие результаты и полученные в процессе оптимизации. Также производится проверка выполнения ограничений. Если они не выполняются, то коэффициент штрафа будет отрицательным числом.

Сравнительный анализ полученных результатов и допустимых значений по требованиям классификационных обществ (Регистр Судоходства Украины) представлен в табл. 1.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, предложенные зависимости для определения вертикальных ускорений, начальной метacentрической высоты и периода качки позволяют на стадии концептуального проектирования ЛК оценить показатели комфортности. Полученные значения используются в виде ограничений в математической модели и оптимизации основных характеристик судов данного типа.

**Таблица 1.** Сравнительный анализ результатов и допустимых значений показателей комфортности

Наименование ограничения	Обозначение	Результат	Допустимое значение
Минимальное значение поперечной метacentрической высоты, м	$GM_t$	0,26	$\geq 0,15$
Максимальное значение вертикальных ускорений, м/с <sup>2</sup>	$a_{CG}$	0,258g	$\leq 0,5g \dots 0,7g$ для лоцманов и экипажа
Максимальная осадка, м	$T_x$	2	$\geq 0,91$
Период качки, с	$T_0$	8,2	$\geq 6$
Угол крена на циркуляции, °	$\theta$	10,88	$\geq 10$

RESULTS FORM#9				
RESTRICTIONS   INDEPENDENT VARIABLES   HULL PARAMETERS   RESISTANCE   WEIGHT LOAD   ECONOMIC   STABILITY				
№ п/п		Границы ограничений	Расчетное	Штраф
1	MIN Длина судна Lh, м	11.6	11.74983	0.01292
2	MAX Длина судна Lh, м	22.8		0.94045
3	MIN Отношение ширины судна к осадке, B/d	2.2	6.01998	1.73636
4	MAX Отношение ширины судна к осадке, B/d	6.2		0.02990
5	MIN Отношение высоты борта к осадке, D/d	1.2	2.78910	1.32425
6	MAX Отношение высоты борта к осадке, D/d	3.5		0.25489
7	MIN Водоизмещение, Δ, т	5	25.77897	4.15579
8	MAX Водоизмещение, Δ, т	35		0.35770
9	MIN Коэффициент общей полноты, Сb	0.35	0.42793	0.22266
10	MAX Коэффициент общей полноты, Сb	0.65		0.51893
11	MIN Эксплуатационная скорость vs, узл	12	17.26738	0.43895
12	MAX Эксплуатационная скорость vs, узл	35		1.02694
13	MIN Количество лоцманов, NPIL, чел	2	3.20561	0.60280
14	MAX Количество лоцманов, NPIL, чел	10		2.11953
15	MIN Относительное положение абсциссы ЦТ, LCG/L	0.30	0.33974	0.01987
16	MAX Относительное положение абсциссы ЦТ, LCG/L	0.41		0.03513
17	Минимальное значение поперечной метacentрической вь	0.2	0.26	0.27673
18	Максимальное значение вертикальных ускорений aCG, м/с²	2.5	2.58	0.03139
19	Максимальная осадка Тх, м	2	0.91	1.20052
20	Погрешность решения уравнения масс, Sigma, %	1	0.80	0.25500
21	Макс. плечо ДСО Lmax, м	0.2	0.81	3.02790
22	Угол максимума ДСО, град	20	50.00	1.50001
23	Площадь A1 ДСО, м²*рад.	0.055	0.34	5.12436
24	Площадь A2 ДСО, м²*рад.	0.09	0.11	0.20163
25	Период качки Tau_min, с	6	8.20	0.36617
26	Угол крена на циркуляции Teta_crcl, град	10	10.88	0.08818
27	Критерий погоды	1	20.07	19.07230

Рис. 5. Вкладка “Restrictions” (Ограничения) окна «Результаты»

## REFERENCES

- [1] Vorokhobin, I. I. (2009). Issledovanie avariynosti i sposoby uluchsheniya lotsmanskogo obespecheniya v zonakh stesennogo plavaniya [Investigation of accident rate and ways to improve pilotage support in restricted navigation areas]. *Sudovozhdenie*, 17, 28–37.
- [2] Main, Luana, C., Wolkow, Alexander, & Timothy, P. (2017). Quantifying the Physiological Stress Response to Simulated Maritime Pilotage Tasks. The Influence of Task Complexity and Pilot Experience. *JOEM*, 59/11, 1078–1083.
- [3] Boyko, A. P., Bondarenko, A. V. & Kuklina, O. Yu. (2016). Vliyanie urovnya komfortnosti na effektivnost passazhirskikh sudov s maloy ploshchadyu vaterlinii. [Comfort level impact on the efficiency of passenger small waterline area twin hull ships]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii SWorld, Rerspective innovations in science, education, production and transport*. Retrieved from: <http://www.sworld.education/conference/year-conference-sw/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/dec-2016>.
- [4] Kucherenko, V. V. & Kichenko, A. S. (2017). Issledovanie kharakteristik kachki megayakhty na marshrutakh Chernogo morya [Study of the characteristics of the megayacht rolling on the Black Sea routes]. *Materiali Vseukrainskoy naukovotekhnichnoi konferentsii z mizhnarodnoyu uchastyu, Suchasni tekhnologii proektuvannya, pobudovi, ekspluatatsii i remontu suden, morskikh tekhnichnikh zasobiv i inzhenernikh sporud*. Mykolaiv: NUK, 79–81.
- [5] Nguen, Guy Khoang (2014). *Opreделение optimalnykh glavnykh elementov bystrokhodnogo passazhirskogo sudna* [Determination of the optimal main elements of a high-speed passenger ship]: dissertatsiya na soiskaniye nauchnoy stepeni kand. tekhn. nauk: spets. 05.08.03 “Konstruirovaniye i postroyka sudov”. Nikolaev.
- [6] Grubisic, I. & Begovic, E. (2011). Reliability of Attribute Prediction in Small Craft Concept Design. *Proc. of XIV IMAM Congress*, 439–448.
- [7] Kleva, Y. A. & Bondarenko, A. V. (2012). Osobennosti vybora optimalnykh kharakteristik lotsmanskikh katerov [The features of the choice of optimal characteristics of pilot boats]. *Naukoviy visnik KhDMA*, 1/7, 62–68.
- [8] *Pravila klassifikatsii i postroyki malykh sudov* [Rules for the classification and construction of small vessels] (2002). Kyiv: Registr sudokhodstva Ukrainu, T. 1, T. 4.
- [9] *Pravila klassifikatsii i postroyki vysokoskorostnykh sudov* [Rules for the classification and construction of high-speed vessels] (2008). Sankt-Peterburg: Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva.
- [10] O'Halon, J. P. & McCauley, M. E. (1974). Motion Sickness Incidence as a Function of Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion. *Aerospace Medicine*, 45 /4, 366–369.

- [11] Nazarov, A. (2007). Obespechenie komforta pri proektirovanii yacht [Ensuring comfort in the design of yachts]. *Katera i yakhty*, 5/209, 96–101.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ворохобин, И. И. (2009). Исследование аварийности и способы улучшения лоцманского обеспечения в зонах стеснённого плавания. *Судовождение*, 17, 28–37.
- [2] Main, Luana, C., Wolkow, Alexander, & Timothy, P. (2017). Quantifying the Physiological Stress Response to Simulated Maritime Pilotage Tasks. The Influence of Task Complexity and Pilot Experience. *JOEM*, 59/11, 1078–1083.
- [3] Бойко, А. П., Бондаренко, А. В. & Куклина, О. Ю. (2016). Влияние уровня комфортности на эффективность пассажирских судов с малой площадью ватерлинии. Материалы Международной научной конференции SWorld. *Perspective innovations in science, education, production and transport 2016*. URL: <http://www.sworld.education/conference/year-conference-sw/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/dec-2016>.
- [4] Кучеренко, В. В. & Киченко, А. С. (2017). Исследование характеристик качки мегаяхты на маршрутах Черного моря. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». Миколаїв, 79–81.
- [5] Нгуен, Гуй Хоанг (2014). Определение оптимальных главных элементов быстроходного пассажирского судна : диссертация на соискание научной степени канд. техн. наук : спец. 05.08.03 «Конструирование и постройка судов». Николаев.
- [6] Grubisic, I. & Begovic, E. (2011). Reliability of Attribute Prediction in Small Craft Concept Design. *Proc. of XIV IMAM Congress*, 439–448.
- [7] Клева, Я. А. & Бондаренко, А. В. (2012). Особенности выбора оптимальных характеристик лоцманских катеров. *Науковий вісник ХДМА*, 1/7, 62–68.
- [8] Регистр судоходства Украины (2002). *Правила классификации и постройки малых судов*. Киев : Регистр судоходства Украины, Т.1, Т. 4.
- [9] *Правила классификации и постройки высокоскоростных судов* (2008). Санкт-Петербург : Российский морской регистр судоходства.
- [10] O'Halon, J. P. & McCauley, M. E. (1974). Motion Sickness Incidence as a Function of Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion. *Aerospace Medicine*, 45 /4, 366–369.
- [11] Назаров, А. (2007). Обеспечение комфорта при проектировании яхт. *Катера и яхты*, 5/209, 96–100.